

## TENSOATIVOS ALTERNATIVOS EM SUBSTITUIÇÃO AO USO DE TWEEN 80 EM TESTES ALELOPÁTICOS COM ÓLEOS ESSENCIAIS

### Alternative surfactants in replace of the use of Tween 80 in allelopathic tests with essential oils

Jamille Teixeira Duque<sup>1</sup>, Maiara de Souza Nunes Ávila<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Curso de Agronomia, Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia (ICET), Universidade Federal do Amazonas (UFAM) – Itacoatiara, AM, Brasil.

Duque, J. T.  
jamillet.duque@gmail.com  
<https://orcid.org/0009-0005-9967-7859>

Ávila, M. de S. N.\*  
maiarasna@ufam.edu.br  
<https://orcid.org/0000-0002-9744-3283>

\* Autor correspondente: Rua  
Nossa Senhora do Rosário, 3863,  
Tiradentes. Itacoatiara-AM. CEP  
69103-128.

**Resumo:** O polissorbato 80 tem sido utilizado para emulsificar óleos essenciais em água, em pesquisas envolvendo atividades biológicas a exemplo dos testes alelopáticos. Surfactantes podem facilitar a entrada de aleloquímicos nas sementes, mas também podem ter efeitos inibitórios no crescimento das plantas. No presente bioensaio, foi avaliado o efeito de diferentes tensoativos na emulsificação de óleo essencial (OE) em protocolo de teste alelopático na germinação e o crescimento inicial de alface. O delineamento inteiramente casualizado continha sete tratamentos: água destilada, Polissorbato 80 a 1%, Decil poli glucosídeo a 1%, detergente neutro a 1%, Polissorbato 80 a 1% com óleo essencial (OE) de citronela (1:1), Decil poli glucosídeo a 1% com OE de citronela (1:1); detergente neutro a 1% com OE de citronela (1:1), conduzido em câmara de germinação a 25 °C e 12 h de fotoperíodo. A germinação das sementes foi avaliada conforme as Regras Brasileiras de Análise de sementes. Os dados foram submetidos à normalidade e testes de erros de homogeneidade e, em seguida à análise de variância (ANOVA) e as médias resultantes foram comparadas entre si aplicando-se o teste de Tukey ao nível de 5 % de significância, utilizando o programa estatístico Sisvar. Os tensoativos alternativos testados mostraram boa emulsificação do óleo essencial e os resultados foram similares aos do polissorbato 80 na germinação e crescimento inicial de alface, sendo viáveis para essa substituição em protocolos de teste alelopático com óleo essencial em efeito indireto.

**Palavras-chave:** Decil poli glucosídeo, Monoterpenos, Polissorbato 80, Sementes.

**Abstract:** Polysorbate 80 is used to emulsify essential oils in water for biological research, such as allelopathic tests. Surfactants can facilitate the entry of allelochemicals into seeds, but they can also have inhibitory effects on plant growth. This bioassay examined how various surfactants affect essential oil emulsification in an allelopathic test of lettuce seed germination and early growth. The completely randomized design contained seven treatments: distilled water, 1% polysorbate, 1% decyl polyglucoside, 1% neutral detergent, 1% polysorbate 80 with citronella essential oil (EO) (1:1), 1% decyl polyglucoside with citronella EO (1:1); Neutral detergent at 1% with citronella EO (1:1), conducted in a germination chamber at 25 °C and 12 h photoperiod. Seed germination was assessed following the Brazilian Rules of Seed Analysis. The data underwent normality and homogeneity tests, followed by ANOVA. Means were compared using Tukey's test at a 5% significance level with Sisvar software. The alternative surfactants evaluated showed good emulsification of the essential oil, and the results were like those of polysorbate 80 in the germination and initial growth of lettuce, being viable for this replacement in allelopathic test protocols with essential oil in indirect effect.

**Keywords:** Decyl polyglucoside, Monoterpenes, Polysorbate 80, Seeds.

## INTRODUÇÃO

O polissorbato (PS80), comercializado como Tween 80 é um líquido oleoso formado por uma mistura de ésteres oleicos de sorbitol e seus anidridos copolimerizados ou de uma maneira mais científica, são derivados de poli(oxi-1,2-etanodi-il) do mono-(9Z) -9-octadecenoato de sorbitana. É amplamente utilizado na indústria de fármacos, alimentos e cosméticos, como agente tensoativo não iônico, emulsionante, solubilizante, umectante e estabilizante de formulações (Brasil, 2024).

Por essas propriedades, o polisorbato 80 tem sido utilizado para emulsificar óleos essenciais em água, em protocolos de pesquisas envolvendo atividades biológicas desses metabólitos secundários (Hirata et al., 2018; Sánchez et al., 2011, 2012). Os óleos essenciais são uma mistura de monoterpenos e sesquiterpenos que têm demonstrado efeitos sobre fungos (Pereira et al., 2006), bioatividade para insetos e ácaro pragas (Park et al., 2002) e sobre outras plantas, o que caracteriza atividade bioherbicida (Kaur et al., 2010; Poonpaiboonpipat et al., 2013). O óleo essencial de citronela (*Cymbopogon winterianus*) apresenta atividade ovicida, larvicida e repelente reconhecida (Bricarello et al., 2021), e é um dos produtos naturais mais estudados para formulações de repelentes naturais (Santos et al., 2023). Apresenta atividade fungitóxica frente a microrganismos agrícolas como *Fusarium solani* (Cruz et al., 2015) e atividade alelopática (Xavier et al., 2012). Sendo assim, há uma vasta literatura que embasa as pesquisas para o uso e desenvolvimento de formulações com esse óleo essencial.

Pelas propriedades volatilizantes, os óleos essenciais são requeridos também na indústria de aromatizantes de alimentos e perfumes (Taiz & Zeiger, 2017). Os terpenos presentes nos óleos essenciais são substâncias que possuem caráter hidrofóbico, de baixa polaridade e acentuada volatilidade (Felipe & Bicas, 2017). Em soluções com caráter hidrofílico, os tensoativos atuam reduzindo o tamanho das partículas do óleo e modificando as forças entre as moléculas de água, o que permite que as moléculas dos monoterpenos penetrem facilmente na água, formando um concentrado mais biodisponível para penetrar e agir (Chagas et al., 2002).

Uma alternativa interessante para emulsificar soluções é o uso de tensoativos verdes. O decil poli glucosídeo (*Plantacare* 2000) (Engenharia das Essências, 2024) é um tensoativo de origem vegetal, também não iônico, preparado pela reação de glicose do amido com um álcool graxo natural. A atividade emulsificante de tensoativos não iônicos se baseia em áreas polares com grupos capazes de fazer ligações de hidrogênio e, portanto, com alta solubilidade em água. Os tensoativos não iônicos apresentam bom poder detergente e emulsificante, produzem pouca espuma, melhor biodegradabilidade e são produzidos a partir de matérias-primas de fácil aquisição e baixo custo (Ferreira & Aquila, 2000). O *Plantacare* 2000 utilizado nessa pesquisa é compatível com outras classes de surfactantes, tais como tensoativos aniônicos, anfotéricos, catiônicos e não-iônicos (Engenharia das Essências, 2024).

Os detergentes neutros são utilizados na agricultura como tensoativos, para melhorar a dispersão de conídios na preparação de bioinseticidas, por exemplo. Em biocontrole de insetos, a associação de microrganismos a diversos adjuvantes é uma alternativa que auxilia, catalisa e potencializa a ação desses microrganismos no processo infeccioso do patógeno. O tensoativo presente no detergente neutro biodegradável apresenta regiões hidrofóbicas e regiões hidrofílicas, sendo anfipático, o que facilita a homogeneização e dispersão dos conídios (Alves, 1998). O detergente neutro é composto por tensoativo aniônico, o componente ativo é o Lauril Sulfato de Sódio, tendo como vantagem a biodegradabilidade e baixo custo de fabricação (Ferreira et al., 2023). Para essa pesquisa, foi utilizado o detergente neutro da linha “Ypê green”.

Dentro da classe dos aleloquímicos, os óleos essenciais são promissores e os estudos alelopáticos com óleos essenciais utilizam protocolos com soluções de caráter hidrofílico em que o polissorbato 80 é utilizado como tensoativo. A ausência de citotoxicidade e genotoxicidade do polissorbato 80 em concentrações de 1 a 8%, em *Allium cepa*, sugere que o surfactante pode ser utilizado, para dissolver substâncias hidrofóbicas que estejam sendo investigadas (Grippa et al., 2010). No entanto, as plantas são organismos extremamente sensíveis e frente à exposição à diferentes moléculas podem ter alterações fisiológicas significativas. Já foram relatados efeitos inibitórios do Tween 80 no

comprimento da radícula e hipocótilo de alface, em contato direto (Santos et al., 2004). Em contrapartida, o Tween 80 demonstrou ser inerte na germinação e crescimento de manjeriço, tanto pelo método direto (por imersão) como indireto (pulverização na tampa) (Lima & Villela, 2017).

Ciente da necessidade de disponibilizar alternativas de tensoativos inertes para estudos alelopáticos, o presente trabalho testou outros tipos de tensoativos para serem utilizados em protocolos de testes de germinação de sementes e crescimento de plântulas a fim de assegurar que os resultados com os óleos essenciais não sejam influenciados pelo tensoativo utilizado no protocolo.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Botânica, campus II, do Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia ICET / UFAM, em Itacoatiara, Amazonas.

O bioensaio de germinação foi conduzido com sementes de *Lactuca sativa* em delineamento inteiramente casualizado, utilizando sete tratamentos e quatro repetições cada. Os tratamentos foram constituídos por tensoativos e emulsões de tensoativos com óleo essencial de citronela nas seguintes condições: T0 (Controle): água destilada; T1: Polissorbato 80 a 1% (Tween 80); T2: Decil poli glucosídeo (tensoativo verde *Plantacare* 2000) a 1%; T3: Detergente neutro a 1%; T4: Polissorbato 80 a 1% com óleo essencial (OE) de citronela na proporção de 1:1; T5: Decil poli glucosídeo a 1% com OE de citronela na proporção de 1:1; T6: Detergente neutro a 1% com OE de citronela na proporção de 1:1.

Foram utilizadas caixas de acrílico contendo 25 aquênios de alface dispostos sobre duas folhas de papel germitest umedecidas de acordo com as Regras de Análises de Sementes. Os tratamentos foram aplicados de forma indireta, em duas folhas de papel germitest fixadas na tampa, previamente autoclavadas, sobre as quais foram adicionadas as soluções. As caixas foram mantidas em câmara de germinação (BOD), a 25 °C, com fotoperíodo de 12 horas. As variáveis analisadas incluíram: porcentagem de germinação (%G); Tempo médio de germinação (TMG); Velocidade média de germinação (VG); Índice de velocidade de germinação

(IVG), mensurados conforme as Regras Brasileiras de Análise de Sementes (Brasil, 2009) e conforme as respectivas fórmulas matemáticas (Laboriau & Viladares, 1976; Maguire, 1962). O Comprimento médio da radícula (CMR) e Comprimento do hipocótilo (CH) foram mensurados com o auxílio de um paquímetro, a leitura foi realizada em mm.

Os dados obtidos foram submetidos a testes de normalidade e homogeneidade, seguidos pela análise de variância (ANOVA). As médias foram comparadas entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância, utilizando o programa Sisvar (Ferreira, 2019).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados mostraram diferenças significativas entre os tratamentos contendo o óleo essencial de citronela emulsionado nos tensoativos e o tratamento- controle (T0) e tratamentos com os tensoativos (Tabela 1).

Tabela 1

Médias de porcentagem de germinação (%G), com transformação; Tempo Médio de Germinação (TMG), Velocidade Média de Germinação (VG) e Índice de Velocidade de Germinação (IVG). Itacoatiara, AM

| Tratamento                             | %G*       | TMG      | VG*      | IVG       |
|----------------------------------------|-----------|----------|----------|-----------|
| Água destilada                         | 9.9996 a  | 0.2525 a | 2.2270 a | 24.6250 a |
| Tween 80 a 1%                          | 10.0498 a | 0.2575 a | 2.2115 a | 24.7082 a |
| <i>Plantacare</i> 2000 a 1%            | 9.9996 a  | 0.2575 a | 2.2115 a | 24.3750 a |
| Detergente a 1%                        | 10.049 a  | 0.2575 a | 2.2114 a | 24.7082 a |
| Tween 80 a 1% + OE (1:1)               | 1.0000 b  | -        | -        | -         |
| <i>Plantacare</i> 2000 a 1% + OE (1:1) | 1.0000 b  | -        | -        | -         |
| Detergente a 1% + OE (1:1)             | 2.7655 b  | 0.9840 b | 1.4195 b | 4.7600 b  |
| CV%                                    | 20.84     | 4.42     | 2.00     | 2.59      |

\*Variáveis com transformação.

\*\*Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

A porcentagem de germinação (%G) de alface foi uma das variáveis mais afetadas pela adição do óleo essencial às emulsões. Nos tratamentos sem óleo essencial, a porcentagem de germinação se manteve alta e sem diferenças significativas com o tratamento controle, indicando que os tensoativos utilizados (polissorbato 80, decil poli glucosídeo (*Plantacare* 2000) e detergente neutro) foram inertes no processo de germinação. Esse resultado corrobora com os resultados de Lima e Villela (2017), que abordando a aplicação via indireta (pulverização na tampa), verificaram

que o Tween® 80 também foi inerte sobre a germinação das sementes de manjerição.

Entretanto, quando o óleo essencial de citronela foi adicionado às soluções (tratamentos T4, T5 e T6), houve uma queda significativa na porcentagem de germinação. O tratamento T4 (polissorbato 80 com óleo essencial) e o T5 (decil poli glucosídeo com óleo essencial) não apresentaram germinação nas sementes, enquanto o T6 (detergente neutro com óleo essencial) apresentou ínfima porcentagem de germinação, sem diferir estatisticamente dos outros tratamentos com óleo essencial, mas significativamente diferente do tratamento controle. As demais variáveis seguem os mesmos resultados inibitórios. Esses resultados indicam um efeito alelopático inibitório do óleo essencial de citronela sobre a germinação das sementes de alface, fato já verificado na literatura (Santos & Cruz-Silva, 2016). A partir dessas observações, fica evidenciado que os tensoativos testados não interferiram no potencial alelopático do óleo essencial sobre a germinação de sementes e/ou o crescimento de plantas.

O uso de polissorbato nas soluções-teste com óleos essenciais pode promover aumento no índice de velocidade de germinação (IVG) em testes de germinação de sementes. Devido às suas propriedades, é capaz de diminuir a tensão superficial da água, facilitando sua absorção pela semente e acredita-se que a biodisponibilidade aleloquímica também (Chagas et al., 2002). No presente trabalho, não houve influência do polissorbato e dos outros tensoativos no IVG. O impacto negativo nessa variável foi proporcionado pela presença do óleo essencial nos tratamentos.

As variáveis relacionadas ao crescimento das plântulas (Tabela 2), como o comprimento da radícula (CMR) e o comprimento do hipocótilo (CH), também foram afetadas pelos tratamentos contendo óleo essencial. No tratamento controle (T0), o CMR foi de 36,57 mm e o CH de 3,02 mm, enquanto nos tratamentos sem óleo essencial (T1, T2 e T3) os valores variaram de 28,63 a 30,68 mm para o CMR e de 2,28 a 2,49 mm para o CH, não diferindo estatisticamente do tratamento controle. No entanto, no tratamento T6 (detergente neutro com óleo essencial), o CMR foi reduzido para 14,78 mm e o CH para 1,76 mm, evidenciando a inibição do crescimento radicular e do hipocótilo pelo óleo essencial de citronela. Nos tratamentos T4 e T5, não foi possível

mensurar o comprimento das plântulas, devido à ausência de plântulas nos tratamentos.

Tabela 2  
Médias do comprimento médio da raiz (CMR) e comprimento do hipocótilo (CH) (mm)

| Tratamento                             | CMR (mm)     | CH (mm)     |
|----------------------------------------|--------------|-------------|
| Água destilada                         | 36.572750 a  | 3.017750 a  |
| Tween 80 a 1%                          | 30.678750 ab | 2.489750 ab |
| <i>Plantacare</i> 2000 a 1%            | 28.625750 ab | 2.285500 ab |
| Detergente a 1%                        | 29.289250 ab | 2.314500 ab |
| Tween 80 a 1% + OE (1:1)               | -            | -           |
| <i>Plantacare</i> 2000 a 1% + OE (1:1) | -            | -           |
| Detergente a 1% + OE (1:1)             | 14.782000 b  | 1.763000 b  |
| CV%                                    | 19.23        | 15.20       |

\*Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

Os tensoativos também podem ter efeitos inibitórios no crescimento de plantas e podem aumentar o efeito alelopático de extratos e óleos essenciais. Em pesquisas anteriores, o surfactante Tween 80 mostrou efeito inibitório de 63,8% no comprimento de radícula e 76,3% no crescimento do hipocótilo, em relação à solução com água e sem diferir significativamente de extratos vegetais, por método de contato direto (Santos et al., 2004). Neste trabalho, não houve diferença significativa em relação à água destilada.

De maneira geral, os tensoativos alternativos avaliados (decil poliglucosídeo e detergente neutro) cumpriram o papel de emulsionar as soluções testadas, sem influenciar na atividade do óleo essencial. O óleo essencial de citronela inibiu significativamente a germinação e o desenvolvimento das plântulas, independentemente do tensoativo utilizado, confirmando o forte efeito alelopático dos metabólitos dessa espécie.

O tensoativo *Plantacare* 2000 é composto por um grupo decil (cadeia de 10 carbonos), solúvel em lipídios, conectado a uma molécula de glicose, solúvel em água (França et al., 2017). Possui o Equilíbrio hidrofílico-lipofílico (EHL) entre 13 e 15, o que indica favorecer a formação de emulsões do tipo O/A (proteínas, fosfolipídios, sais de potássio e sódio, hidrocoloides, alginatos, ésteres de ácidos graxos, goma guar, entre outros), com alta estabilidade em uma larga faixa de pH, adicionalmente possui baixa toxicidade e não provoca reações na pele (Ferreira et al., 2023). É um tensoativo

não iônico com atividade emulsificante semelhante à do Polissorbato 80, com custo menor e compatíveis com tensoativos aniônicos, como do detergente neutro (caráter aniônico) (Decil Poliglucosídeo, 2000). Essas propriedades inerentes ao tensoativo reforçam a segurança em utilizá-lo para emulsionar óleo essencial em soluções aquosas.

Os detergentes neutros biodegradáveis são constituídos por moléculas de tensoativos que apresentam regiões hidrofóbicas e regiões hidrófilas, o que facilita a homogeneização e, por isso podem ser usados na agricultura como adjuvantes em bioinseticidas (Ferreira et al., 2023). O componente ativo principal é o Lauril Sulfato de Sódio, que apresenta caráter aniônico, de origem vegetal e biodegradável. O baixo custo e fácil aquisição, são características vantajosas para a utilização por pequenos e médios produtores rurais e nos protocolos de alelopatia.

O tensoativo estudado não apresenta ecotoxicidade. Em função da ausência de dados, não é esperado potencial bioacumulativo em organismos aquáticos e a mobilidade no solo é indeterminada para o polissorbato 80 (FDS NBR 14725 (PT) – Polissorbato 80) (Kalium Chemical, 2025). No entanto, a difícil aquisição e custo mais elevado reduzem a acessibilidade a esse produto.

## CONCLUSÃO

Os tensoativos alternativos testados mostraram boa emulsificação do óleo essencial e os resultados foram similares aos do polissorbato 80 na germinação e crescimento inicial de alface, sendo viáveis para essa substituição em protocolos de teste alelopático com óleo essencial.

O óleo essencial de citronela apresentou efeito alelopático inibitório em todas as emulsões, interferindo nas variáveis de germinação e crescimento da alface.

## REFERÊNCIAS

- Alves, S. B. (Ed.). (1998). *Controle microbiano de insetos* (2ª ed.). FEALQ.
- Brasil. (2009). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Regras para análise de sementes*. Brasília.
- Brasil. (2024). Agência Nacional de Vigilância Sanitária. *Farmacopeia Brasileira* (7ª ed.). Brasília: Anvisa.
- Bricarello, P. A., Barros, G. P., Sebling, J., Podestá, R., Velerinho, M. B., & Mazzarino, L. (2021). Ovicidal, larvicidal and oviposition repelling action of a nanoemulsion of citronella essential oil (*Cymbopogon winterianus*) on *Cochliomyia hominivorax* (Diptera: Calliphoridae). *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 24, 724-730.
- Chagas, A. C. de S., Passos, W. M., Prates, H. T., Leite, R. C., Furlong, J., & Fortes, I. C. P. (2002). Efeito acaricida de óleos essenciais e concentrados emulsionáveis de *Eucalyptus* spp em *Boophilus microplus*. *Brazilian Journal Veterinary Research Animal Science*, 39(5).
- Cruz, T. P. da, Alves, F. R., Mendonça, R. F., Costa, A. V., Jesus Júnior, W. C. de, Pinheiro, P. F., & Marins, A. K. (2015). Atividade fungicida do óleo essencial de *Cymbopogon winterianus* Jowit (citronela) contra *Fusarium solani*. *Bioscience Journal*, 31(1), 1-8.
- Engenharia das Essências. (2024). *Decil Poliglucosídeo (Plantacare 2000) – Tensoativo Verde*. <https://www.engenhariadasessencias.com/>
- Felipe, L. O., & Bicas, J. L. (2017). Terpenos, aromas e a química dos compostos naturais. *Química Nova na Escola*, 39(2), 120-130.
- Ferreira, A. G., & Aquila, M. E. A. (2000). Alelopatia: Uma área emergente da ecofisiologia. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 12(1), 175-204.
- Ferreira, D. F. (2019). SISVAR: A Computer Analysis System to Fixed Effects Split Plot Type Designs. *Revista Brasileira de Biometria*, 37(4), 529-535. <http://www.biometria.ufpa.br/index.php/BBJ/article/view/450>
- Ferreira, P. G., Futuro, D. O., Magalhães, L. da S. M. F., Silva, F. de C. da S., & Ferreira, V. F. (2023). Aqui tem Química: Parte VII. Tensoativos em produtos comerciais. *Revista Virtual de Química*, 15(3), 423-438. <http://dx.doi.org/10.21577/1984-6835.20220105>
- França, F. C. F. de, Moreira, D. R., Almeida, R. R. de, Rodrigues, F. H. A., Ribeiro, M. E. N. P., & Ricardo, N. M. P. S. (2017). Novos surfactantes alquil poliglucosídicos à base de amilose extraída da batata inglesa (*Solanum tuberosum* L.). *Química Nova*, 40(3), 275-283. <http://dx.doi.org/10.21577/0100-4042.20170010>
- Grippa, G. de A., Morozesk, M., Nati, N., & Matsumoto, S. T. (2010). Estudo genotóxico do surfactante Tween 80 em *Allium cepa*. *Revista Brasileira de Toxicologia*, 23(1-2), 11-16.
- Hirata, D. B., Luz, A. C. C. da, Zanetti, L. V., Werner, E. T., Milanez, C. R. D., & Leite, I. T. de A. (2018). Efeito alelopático do óleo essencial de *Cymbopogon nardus* e extrato de *Annona muricata* na germinação de *Bidens pilosa* e *Megathyrus maximus*. *Revista de Ciências Agrárias*, 41(3), 712-728.
- Kalium Chemical. (2025). *FDS NBR 14725 (PT) – Polisorbato 80*. [https://www.kaliumchemical.com.br/upload\\_arquivos/2025/03/2025030285171001743442940.pdf](https://www.kaliumchemical.com.br/upload_arquivos/2025/03/2025030285171001743442940.pdf)

- Kaur, S., Singh, H. P., Mittal, S., Batish, D. R., & Kohli, R. K. (2010) Phytotoxic effects of volatile oil from *Artemisia scoparia* against weeds and its possible use as a bioherbicide. *Industrial Crops and Products*, 32(1), 54-61.
- Labouriau, L. G., & Viladares, M. E. B. (1976). On the germination of seeds of *Calotropis procera* (Ait.) Ait. f. *Anais*.
- Lima, C. B. de, & Villela, T. T. (2017). Efeito dos óleos essenciais de alho e laranja e do surfactante Tween 80 sobre a germinação de sementes de manjerição. *Revista de Ciências Agroambientais*, 15(2).
- Maguire, J. D. (1962). Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, 2, 176-177.
- Park, B.-S., Lee, S.-E., Choi, W.-S., Jeong, C.-Y., Song, C., & Cho, K.-Y. (2002) Insecticidal and acaricidal activity of piperonaline and piperocetadecalidine derived from dried fruits of *Piper longum* L. *Crops Protect*, 21(3), 249-251.
- Pereira, M. C., Vilela, G. R., Costa, L. M. A. S., Silva, R. F. da, Fernandes, A. F., Fonseca, E. W. N. da, & Piccoli, R. H. (2006). Inibição do desenvolvimento fúngico através da utilização de óleos essenciais de condimentos. *Ciência Agrotecnológica*, 30(4), 731-733.
- Poonpaiboonpipat, T., Pangnakorn, U., Suvunnamek, U., Teerarak, M., Charoenying, P., & Laosinwattana, C. (2013) Phytotoxic effects of essential oil from *Cymbopogon citratus* and its physiological mechanisms on barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*). *Industrial crops and products*, 41, 403-407.
- Sánchez, Y., Correa, T. M., Abreu, Y., Martínez, B., Duarte, Y., & Pino, O. (2011). Caracterización química y actividad antimicrobiana del aceite esencial de *Piper marginatum* Jacq. *Revista de Protección Vegetal*, 26, 170-176.
- Sánchez, Y., Correa, T. M., Abreu, Y., & Pino, O. (2012). Efecto del aceite esencial de *Piper marginatum* Jacq. y sus componentes sobre *Xanthomonas albilineans* (Ashby) Dawson. *Revista de Protección Vegetal*, 27, 39-44.
- Santos, C. C. dos, Oliveira, D. F. de, Alves, L. W. R., Souza, I. F. de, & Furtado, D. A. S. (2004). Efeito de extratos orgânicos, associados ao surfactante Tween 80, na germinação e crescimento de plântulas de alface. *Ciência Agrotecnológica*, 28(2), 296-299.
- Santos, V. R. dos, & Cruz-silva, C. T. A. da. (2016). Efeito alelopático de capim citrônio sobre a germinação e o desenvolvimento de alface. *Cultivando o Saber*, 9(1).
- Santos, W. I., Stadler, J. P., Giusti, E. D., Chendynski, L. T., & Gomes, S. I. A. A. (2023). Desenvolvimento de Produtos Naturais com Potencial Repelente para a Prevenção à Dengue. *Ensaio e Ciência*, 27(2), 136-145.
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2017). *Fisiologia vegetal* (6ª ed.). Artmed.
- Xavier, M. V. A., Oliveira, C. R. F., Brito, S. S. S., Matos, C. H. C., & Pinto, M. A. D. S. C. (2012). Viabilidade de sementes de feijão caupi após o tratamento com óleo essencial de citronela (*Cymbopogon winterianus* Jowitt). *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, 4.